

武汉东湖针簇多肢轮虫的种群变动和生产量

黄祥飞 胡春英

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

提 要

针簇多肢轮虫 (*Polyarthra trigla*) 是武汉东湖的优势轮虫, 1983, 5—1984, 4 在 I, II 站分别测定了这种轮虫卵和种群密度。I 站卵的密度在 0—245 个/升之间, 平均为 27 个/升, 种群密度为 0—6 600 个/升, 平均为 362 个/升; II 站卵的密度为 0—321 个/升, 平均为 22 个/升, 种群密度为 0—2 770 个/升, 平均为 159 个/升。

在 5—30℃ 的培养温度下, 卵的发育时间随温度升高而缩短, 它们间的关系可用下列回归方程表示:

$$\ln D = 0.4627 + 1.2929 \ln T - 0.4995 (\ln T)^2$$

用直接称重法测定该种轮虫平均干重为 0.07 微克。

计算了针簇多肢轮虫的瞬时出生率, 增长率和死亡率。用二种不同的方法测定了这种轮虫的生产量。I 站的平均日生产量, 用世代时间法测得 10.19 微克/升, 用卵比率法测得 5.98 微克; II 站分别为 3.59 和 3.01 微克/升。

关键词 针簇多肢轮虫, 生产量, 生物量

有关浮游动物生产量的研究, 不论在理论上或实践上均以甲壳动物较为详尽, 这方面的论著也较多。可是对轮虫生产量的研究, 在理论上较多的论述^[5,6,7,10,11]。但是进行实际测算的实例还不多, 国内则尚无先例^[9,14]。

轮虫是各种淡水水体中一类重要的浮游动物, 据多年调查, 武汉东湖轮虫的数量约占浮游动物总数的 15% 左右, 生物量占 20% 以上。由于它发育时间短, 周转快, 因此生产量亦较高。可见, 它在生态系结构、功能和生物生产力的研究中具有较重要的作用。轮虫又是许多经济鱼类的优质食物和多种鱼类及甲壳动物的开口饵料, 所以在渔业上亦受到重视。为此, 对东湖的优势轮虫——针簇多肢轮虫的种群变动和生产量作了初步研究。

工 作 方 法

(一) 卵和种群密度的测定

设两个采样站。I 站位于湖湾, 由于有生活污水流入, 水质很肥; II 站位于湖中心, 环境相对稳定。一般每隔 3—4 天采样一次, 1—2 月因水温低每星期仅采一次。I 站的采水

层为 3 层,即 0, 1, 2 米; II 站为 5 层,即 0, 1, 2, 3, 4 米,各层采等量水样加以混合后,取出 5 升作为定量水样,加入适量福尔马林固定,沉淀 24 小时后,经虹吸上层清液,把样品放入定量瓶中。由于东湖藻类很多,为使观察清楚起见,加入少许伊红 (EosinY) 染色。为避免卵的失去,在计数时必须轻轻地把样品摇匀,然后取出 1 毫升作为计数样品,注入 1 毫升的计数框中,在显微镜下计数卵和个体的数目,重复 2 次取其平均值。

(二) 卵发育时间和世代时间的测定

观察和测定方法与萼花臂尾轮虫相同^[3]。

(三) 瞬时出生率 (b) 瞬时增长率 (r) 和瞬时死亡率 (d) 的计算方法

根据 Edmondson; Paloheimo^[4,15],

$$b = \ln(1 + E)/D$$

$$r = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{t}$$

$$d = b - r$$

E = 卵与雌体的比率

D = 卵的发育时间

$N_t = t$ 时的种群密度

N_0 = 开始时的种群密度

t = 采样间隔时间

(四) 轮虫个体平均干重的测定方法

在针簇多肢轮虫高峰季节,用浮游生物网采集,并用孔径为 200 微米的粗网,把大型甲壳动物滤掉,然后选择适当口径的吸管把轮虫吸到滤膜上,放在恒温干燥箱干燥 (60℃), 24 小时后在解剖镜下,用解剖针逐个挑到已称重的铂片上,个体数在 50 个以上,然后把铂片再放在电子天平上称重(分度值 0.1 微克),如此重复 2 次,取其平均值。

(五) 生产量的计算公式

(1) Galkovskaya 的世代时间法^[10]

$$P = \frac{N\bar{W}}{T_{e+p}}$$

T_{e+p} = 世代时间,即卵的发育时间和胚后发育时间之和

N = 采样期间的平均个体数

\bar{W} = 个体的平均体重

P = 日生产量

(2) Edmondson 等作者的卵比率的方法^[5,8,18]

$$P = \left[N_e + \frac{1}{t} (N_t - N_0) \right] \bar{W}$$

N_e = 采样期间消失的个体数

$$N_e = \frac{1}{2} (N_0 + N_t) \cdot m$$

$$m = 1 - e^{-d}$$

d 的计算方法与前一样。

结 果

(一) 种群密度和卵数的季节变动

针簇多肢轮虫是东湖的优势种群, 虽终年可见, 但 II 站的高峰出现在 6 月和 1 月, 6 月的高峰高于 1 月。如 6 月 9 日针簇多肢轮虫达 2 770 个/升, 卵为 250 个/升; 1 月 11 日分别为 1 365 个/升和 321 个/升。卵的比率 (E) 6 月 9 日为 0.09 卵/雌体, 1 月 11 日 E 为 0.24 卵/雌体, 可见, 1 月针簇多肢轮虫的食物比 6 月丰富。I 站位于湖湾, 由于环境不稳定, 种群密度和卵的数量时起时落, 不但波动较 II 站频繁, 而且振幅也较宽。5 月 23 日该种轮虫数量仅为 6 个/升, 卵为 0 个/升; 半个月后, 6 月 9 日骤然上升至 6 600 个/升, 卵达 120 个/升。除 1 月形成数量和卵的高峰外, 9 月底, 10 月的峰值也相当突出。

不论 I 站或 II 站 2, 3, 4 月个体数和卵数均很低。就全年平均值来说, I 站种群密度和卵数的年平均值分别为 363 个/升和 27 个/升; II 站则为 159 个/升和 22 个/升。

(二) 瞬时出生率、增长率和死亡率

为了计算种群的瞬时出生率, 必须获得在不同温度下卵的发育时间, 根据 Edmonds-on^[5] 和 Foran 等^[6] 的方法, 测定了针簇多肢轮虫在不同温度下卵的发育时间。结果表明, 在 5—30℃ 的温度范围内, 轮虫卵的发育时间随温度升高而缩短 (图 1), 它们间的关系可用下列曲线回归方程表示:

$$\ln D = 0.4627 + 1.2929 \ln T - 0.4995 (\ln T)^2$$

D = 发育时间(天)

T = 温度(℃)

根据特定温度下卵的发育时间, 结合种群密度和卵数, 计算瞬时出生率 b , 5 月 13 日

II 站针簇多肢轮虫的 b 值高达 1.05, 在 5 月底至 9 月这段时间内, b 值在 0.0—0.6 范围内波动, 1 月中—4 月, b 值接近于 0。I 站 b 值的变动趋势与 II 站基本相同, 只是 b 值的高峰出现在 8 月初。 r 值由于受种群密度波动和取样间隔时间长短的影响, 不仅变动频繁而且幅度很大。 d 值是 b 值和 r 值之差, 它的变动亦很频繁 (图 2.3)。

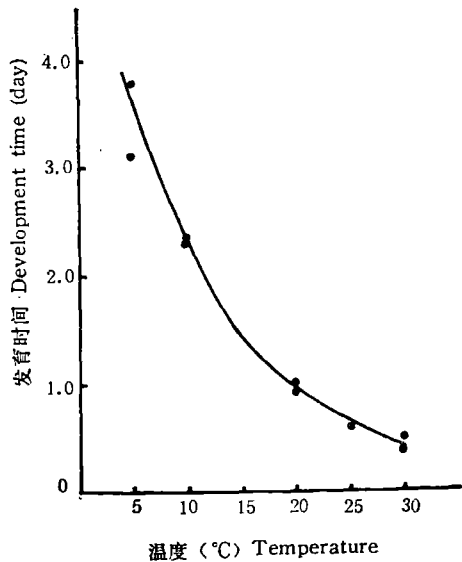


图 1 针簇多肢轮虫在不同温度下卵的发育时间
Fig. 1 Duration of egg development of *Polyarthra trigla* at different temperature

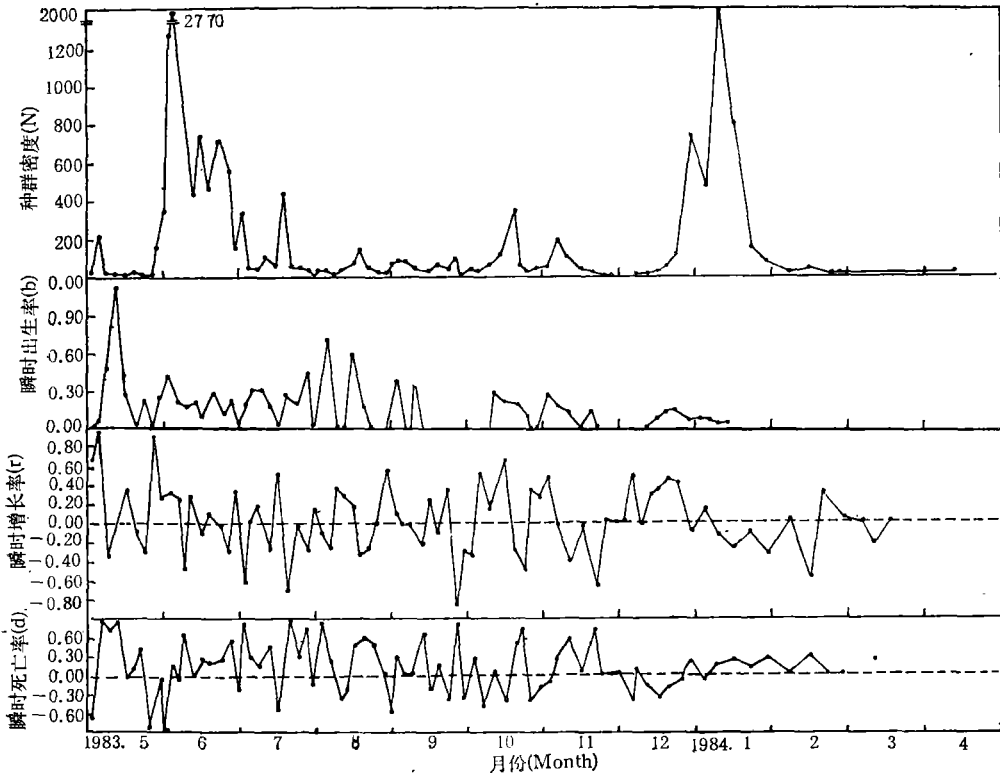


图2 II站针簇多肢轮虫种群密度、瞬时出生率、瞬时增长率、瞬时死亡率的季节变动

Fig. 2 Seasonal variation in the population densities (N), instantaneous birth rate (b), growth rate (r), death rate (d) of *Polyarthra trigla* at station II

(三) 生物量、生产量和 P/B 系数

轮虫与甲壳动物不同,它一经孵化就快速生长,在一天内,甚至几小时就变成成体,以后增长很慢,所以可用个体平均干重换算成生物量,因此,生物量的季节变动与种群密度的变动一致。计数结果, I 站年平均生物量为 25.38 微克/升, II 站为 11.12 微克/升。

用世代时间法和卵比率法计算了针簇多肢轮虫的生产量。这种轮虫的生产量有明显的季节变动, II 站以 6 月生产量最高。用世代时间法计算得 822.4 微克/升·月,用卵的比率法计算得 539.57 微克/升·月,分别占全年总生产量的 63% 和 49.1%;而 2, 3, 4 三个月的累计生产量仅占全年总生产量的 1% 左右。I 站生产量除出现 6 月、1 月高峰外, 9 月也出现高峰。6, 9 月的生产量之和占全年总生产量的 70% 以上;而 2、3、4 三个月的累计生产量只占全年总生产量的 3%(图 4, 5; 表 1, 2)。

用世代时间法计算, 1983 年 5 月—1984 年 4 月 I 站平均日生产量为 10.19 微克/升·天, II 站为 3.59 微克/升·天, 总生产量分别为 3.695 毫克/升·年和 1.305 毫克/升·年。用卵比率的方法计算 I 站年平均日生产量为 5.98 微克/升·天, II 站为 3.01 微克/升·天, 总生产量分别为 2.171 毫克/升·年和 1.098 毫克/升·年(表 1、2)。

P/B 系数为生产量与生物量的比值,该值越大说明周转越快,生产量就高。用世代时

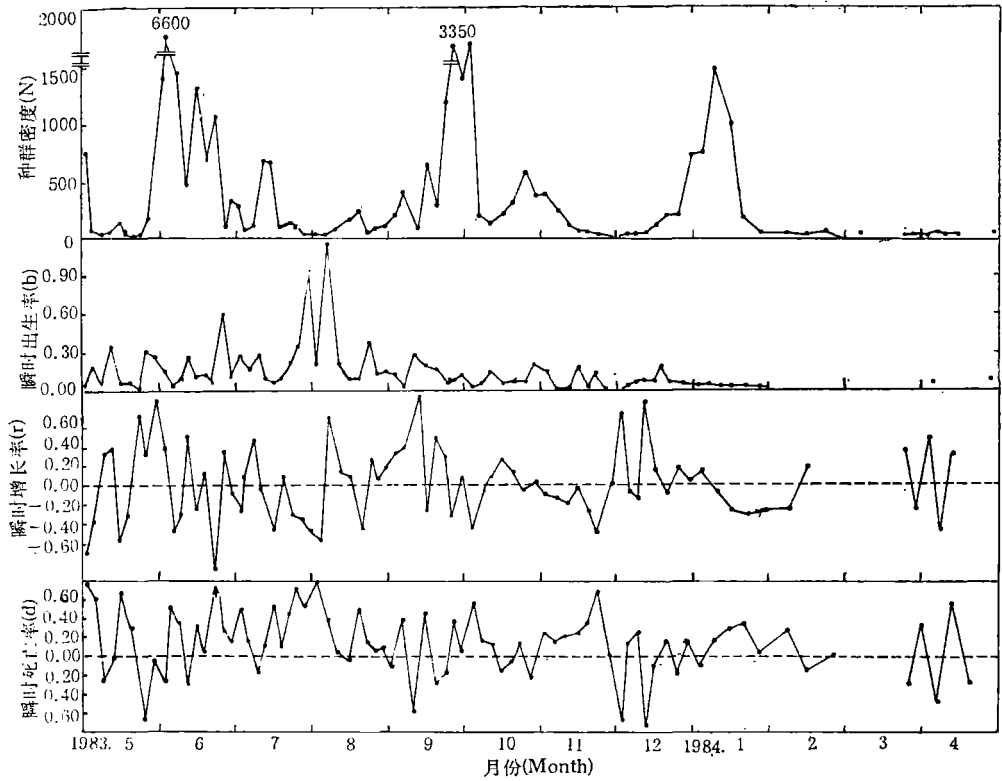


图3 I站针簇多肢轮虫种群密度、瞬时出生率、瞬时增长率、瞬时死亡率的季节变动

Fig. 3 Seasonal variation in the population densities (N), instantaneous birth rate (b), growth rate (r), death rate (d) of *Polyarthra trigla* at station I

间法计算 I 站月 P/B 系数变动于 1.34—19.75 之间,年 P/B 系数为 145.59; 用卵比率的方法,月 P/B 系数变动于 1.34—19.00 之间,年 P/B 系数为 85.52。

II 站的月 P/B 系数为用世代时间法计算变动于 0.84—19.94,年 P/B 系数为 117.35; 用卵比率的方率的方法,则月 P/B 系数变动于 0—23.41,年 P/B 系数为 98.76。

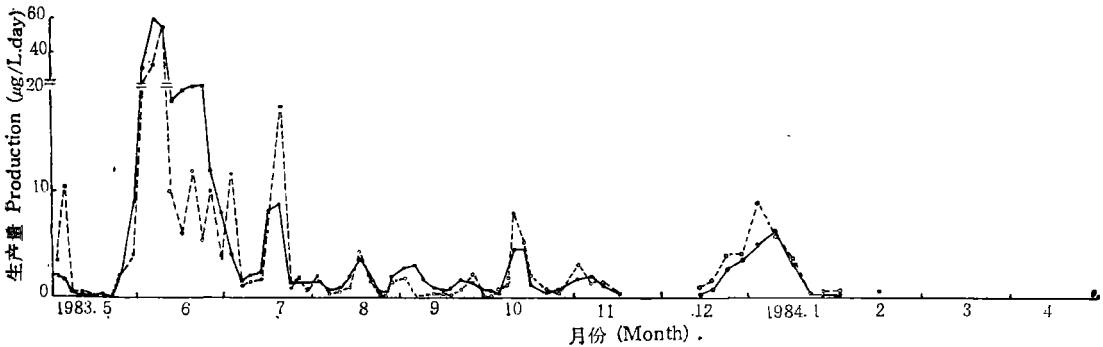


图4 II站针簇多肢轮虫生产量的季节变动

Fig. 4 Seasonal variation in the production of *Polyarthra trigla* at station II (——世代时间法 after the generation time method, ----卵比率法 after the egg ratio method)

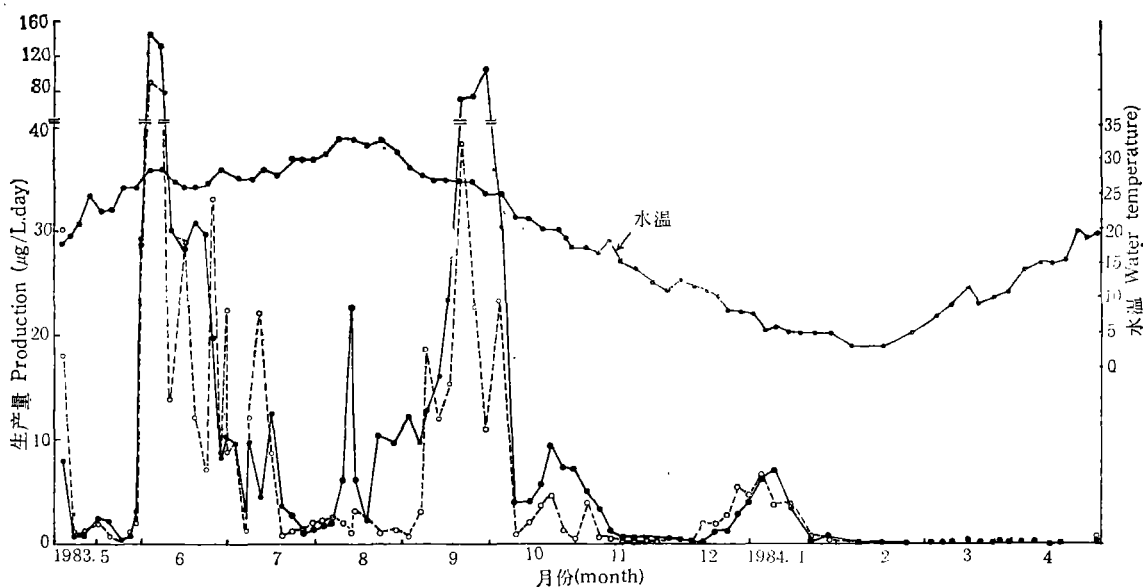


图5 I站针簇多肢轮虫生产量的季节变动

Fig. 5. Seasonal variation in the production of *Polyarthra trigla* at station 1
(——世代时间法 after the generation time method, ----卵比率法 after the egg ratio method)

表1 II站针簇多肢轮虫的生物量和生产量

Tab. 1 Biomass and production of *Polyarthra trigla* at station II

月份 ¹⁾	采样次数 ²⁾	平均水温 ³⁾ (°C)	平均生物量 ⁴⁾ ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	日生产量 ⁵⁾ ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$)		月生产量 ⁶⁾ ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{mon}^{-1}$)	
				根据 Golkovskaya	根据 Edmondson	根据 Golkovskaya	根据 Edmondson
1983							
5	9	23.0±3.6	3.19±5.45	1.88±2.97	2.48±3.51	56.4	74.68
6	9	26.7±0.9	57.71±55.74	27.41±18.94	17.98±16.83	822.4	539.57
7	9	28.1±2.2	8.64±9.99	3.87±3.05	4.87±6.23	119.94	150.94
8	9	30.6±2.3	2.72±2.96	1.75±1.31	1.37±1.60	54.35	42.43
9	9	27.0±1.4	3.13±1.94	1.60±0.94	0.74±0.87	48.13	22.30
10	8	20.7±3.0	5.69±7.71	1.78±1.82	2.33±2.99	55.22	72.11
11	7	15.1±2.0	3.65±4.65	0.75±0.96	0.90±1.16	22.67	27.02
12	8	9.5±2.0	8.35±18.69	0.93±1.45	1.40±1.95	28.87	43.40
1984							
1	5	4.6±1.1	39.40±37.26	3.01±2.74	3.91±3.84	93.25	121.33
2	4	4.3±1.2	0.63±0.62	0.06±0.03	0.12±0.14	1.68	3.50
3	7	10.8±1.8	0.27±0.26	0.03±0.03	0	0.84	0
4	8	17.3±2.4	0.08±0.16	0.04±0.07	0.03±0.04	1.24	0.90
平均		18.14	11.12	3.59	3.01	108.75	91.52
总和	92					1 304.99	1 098.18

1) month; 2) frequency; 3) mean temperature; 4) mean biomass; 5) mean daily production
6) monthly production

表 2 I 站针簇多肢轮虫的生物量和生产量
Tab. 2 Biomass and production of *Polyarthra trig'a* at station I

月份 ¹⁾	采样次数 ²⁾	平均水温 ³⁾ (°C)	平均生物量 ⁴⁾ ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	日生产量 ⁵⁾ ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$)		月生产量 ⁶⁾ ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{mon}^{-1}$)	
				根据 Galkovskaya	根据 Edmondson	根据 Golkovskaya	根据 Edmondson
1983 5	9	23.0±3.60	9.50±16.32	5.15±8.88	6.01±9.88	154.60	180.37
6	9	26.7±0.9	103.21±138.75	48.15±52.06	32.04±32.30	1 444.4	961.33
7	9	28.1±2.2	15.79±17.85	7.34±7.14	4.08±3.47	227.54	126.51
8	8	30.6±2.3	6.48±4.93	4.13±2.53	1.89±0.83	127.99	58.74
9	8	27.0±1.4	65.62±75.54	41.24±38.14	16.08±11.18	1 237.12	482.40
10	7	20.7±3.0	34.30±38.34	9.60±9.27	5.19±8.32	297.73	160.89
11	7	15.1±2.0	8.31±9.31	1.56±1.97	0.91±1.38	46.93	27.43
12	8	9.5±2.0	11.38±17.07	1.40±1.55	2.16±2.01	43.55	67.00
1984 1	5	4.6±1.1	47.59±41.27	3.52±3.22	3.16±2.83	109.00	98.02
2	3	4.3±1.2	0.77±0.78	0.04±0.03	0.04±0.04	1.03	1.03
3	8	10.8±1.8	0.45±0.78	0.07±0.06	0.03±0.09	2.21	1.05
4	9	17.3±2.4	0.65±0.91	0.10±0.11	0.19±0.24	3.07	5.78
平均		18.14	25.38	10.19	5.98	307.93	180.88
总和	90					3695.17	2 170.55

1) month; 2) frequency; 3) mean temperature; 4) mean biomass; 5) mean daily production; 6) monthly production

讨 论

(一) 温度和食物对针簇多肢轮虫种群变动和生产量的影响

轮虫是变温动物，自然与水温季节变动的关系十分密切。根据不同温度下卵发育时间的测定结果表明：温度高，卵的发育时间短，周转快，生产量亦就增加。武汉东湖轮虫种群密度和生产量的高峰出现于 6 月，主要是由于水温升高的结果。但是食物对轮虫的种群变动和生产量亦有重要的影响。轮虫的食性取决于头冠上纤毛器和咀嚼器的结构与功能。多肢轮虫系晶囊轮虫型头冠和杖型咀嚼器，所以并非滤食性种类而是攫取食物和吮吸其身体内部的物质为食。Edmondson 指出：广生多肢动物 (*Polyarthra vulgaris*) 专以较大型的有鞭毛的隐藻和金藻为食，而不吃其他藻类^[4]。Pourriot 的研究也获得了基本相同的结果，所不同的是长肢——广生多肢轮虫 (*Polyarthra dolichoptera-vulgaris*) 尚吃少量的中心纲的硅藻^[16]。

据调查，东湖 1—6 月隐藻数量较多，6 月份 I 站达 775 000 个/升，II 站为 1 150 000 个/升，这就为多肢轮虫的高峰提供了食物基础*。6 月底以后，随水温上升至 30℃ 左右，水体的蓝藻大量孳生形成“水华”，抑制了微型藻类的生长，同时水温过高对轮虫的生长不

* 引自本所王建资料。

利,使轮虫数量有所下降。

但是,平均水温仅 4.6°C 的 1 月又为什么形成多肢轮虫的高峰呢? 这是因为轮虫有冷水性、广温性、暖水性三种类型之分, 1 月高峰是冷水性轮虫大量繁殖所形成的高峰。按王家楫《中国淡水轮虫志》鉴定^[1], 东湖只有一种, 即针簇多肢轮虫, 但目前国外普遍认为针簇多肢轮虫可分为 2 种或亚种即广生多肢轮虫和长肢多肢轮虫(*Polyarthra dolichoptera*^[1,12,13,17])。前者是广温性种类, 分布极为广泛, 一般终年可见, 但通常在夏季形成高峰; 后者是冷水性种类, 一般仅在水温 15°C 以下才出现, 5°C 左右出现高峰。因此, 东湖 6 月高峰是由广生多肢轮虫形成的; 而 1 月高峰则是由长肢多肢轮虫构成的。本文考虑到在计数过程中, 许多多肢轮虫肢体散乱, 有的向上伸展, 难以正确鉴定, 故把 2 种多肢轮虫作为混合种群。据估计, 东湖多肢轮虫的产量主要是由广生多肢轮虫组成的。2-4 月轮虫种群密度和生产量的低峰乃是因枝角类透明蚤的高峰而发生食物竞争造成的^[2]。

(二) 计算轮虫生产量的方法问题

本文用 2 种常用的方法计算了轮虫的生产量。结果表明, 用世代时间法获得的生产量要比卵的比率法来得高。由 Edmondson 首先提出的^[7], 后由许多学者加以完善的卵的比率法是根据生产量的定义和种群变动的规律设计的, 有较充分的理论根据。因此本法是一种有希望的测定方法, 但在实际测定过程中有较大的困难。轮虫的卵一方面容易失去; 另一方面怀卵雌体分布的不均匀性, 所以正确地测定单位体积中的卵数实属不易。同时使用本法假定在采样间隔中, 轮虫种群呈指数增长, 要求采样间隔不大于世代时间。这当然可通过改进采样方法, 增加样品量以减少误差; 但是对于那些卵不挂在体外而产在水生植物或碎片的轮虫种群, 无法获得卵的数目, 本法却是无能为力了。

由 Galkovskaya 设计的世代时间法是根据生产量与世代时间呈倒数关系的原理设计的, 只要获得了世代时间和种群密度, 便可获得生产量^[10]。本法虽较简捷, 也解决了卵比率法不能解决的难题, 但却存在固有的缺点。首先本法假定所有的雌体均有生殖能力, 也不测定死亡率, 所以获得的结果一般要偏高; 其次世代时间通常是在实验室中获得的, 而这同自然界中的实际情况相差甚远。但是, 要在自然界中测定轮虫的世代时间也不是一件容易的事。因此, 只要卵与雌体的比例可测定, 用卵的比率法较好; 在那些卵与雌体的比例无法测定的情况下, 世代时间法倒是一种可取的方法。

参 考 文 献

- [1] 王家楫, 1961. 中国淡水轮虫志. 228—230 页. 科学出版社。
- [2] 黄祥飞、胡春英、伍焯田, 1965. 武汉东湖的轮虫. 水生生物学报, 9(2): 129—143。
- [3] 黄祥飞, 1985. 温度对萼花臂尾轮虫卵的发育, 种群增长和生物量的影响. 水生生物学报, 9(3): 232—239。
- [4] Edmondson, W. T., 1965. Reproductive rate of planktonic rotifers as related to food and temperature in nature. *Ecol. Monogr.*, 35: 61—111.
- [5] ———, 1974. Secondary production. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 20: 229—272.
- [6] ———, 1977. Population dynamics and secondary production. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 8: 56—64.
- [7] Edmondson, W. T. and Winberg, G. G., 1971. A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters. IBP Handbook No. 17., Blackwell Sci Publ., Oxford and Edinburgh.
- [8] Foran, J. A. and King, R. H., 1981. Summer production estimates for the Rotifer *Polyarthra vulgaris* in

- a Northern Michigan Bog lake. *Journal of Freshwater Ecology*, 1(1): 3—11.
- [9] ———, 1982. A regression analysis of the summer population dynamics of *Polyarthra vulgaris* in a northern Michigan bog lake. *Hydrobiologia*, 94(3): 237—246.
- a northern Michigan Bog lake. *Hydrobiologia*, 94(3): 237—246.
- [10] Galkovskaya, G. A., 1967. Planktonic rotifers and their role in the productivity of water bodies. Author's report on her dissertation (unpub.).
- [11] Hillbricht-Ilkowska, A. and Patalas, K., 1967. Method of assessment of production and biomass and some quantitative problems of the zooplankton. *Ekol. Pol. B.*, 13: 139—173.
- [12] Johnson, M. C. and Brinkhurst, R. O., 1971. Production of benthic macroinvertebrates of Bay of Quinte and Lake Ontario. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28: 1699—1714.
- [13] Koste, W., 1978. Rotatoria, 2 Vols. Borntraeger, 6337 pp., 234 pls. Berlin.
- [14] Makarewicz, J. C., 1979. Structure and function of the zooplankton community of Mirror Lake, New Hampshire. *Ecol. Monogr.*, 49(1): 109—127.
- [15] Paloheimo, J. E., 1974. Calculation of instantaneous birth-rate. *Limnol. Oceanogr.*, 19(6): 692—694.
- [16] Pourriot, R., 1977. Food and feeding habits of Rotifers. *Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol.*, 8: 243—260.
- [17] Sudzuki, M., 1964. New Systematical Approach to the Japanese planktonic Rotatoria. *Hydrobiologia*, 123 (1/2): 1—124.
- [18] Winberg, G. G., 1971. Methods for the estimation of production of aquatic Animals. 212 pp. Academic Press London.

POPULATION DYNAMICS AND PRODUCTION OF *POLYARTHRA TRIGLA* IN DONGHU LAKE, WUHAN

Huang Xiangfei and Hu Chunying

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica Wuhan)

Abstract

Polyarthra trigla is a predominant rotifer in Donghu lake, Wuhan. Its population density and eggs were estimated during the period from May 1983 to April 1984 at two sampling station, station I and station II, which are representatives of the bay region and the pelagic zone, respectively.

By average, egg density of *Polyarthra trigla* was 27 egg/l (0—245 egg/l) at station I, and 22 egg/l (0—321 egg/l) at station II, and population density was 362 ind./l (0—6600 ind./l) and 159 ind./l (0—2770 ind./l) respectively.

Egg development time decreases with increasing temperature (5 to 30°C), The relationship between temperature (T) and development time (D) was found to be curvilinear and may be described as the following equation: $\ln D = 0.4627 + 1.2929 \ln T - 0.4995 (\ln T)^2$

Average dry weight of individual rotifer is 0.07 μg .

The instantaneous birth rate (b), increase rate (r) and the death rate (d) were calculated according to the formula given by Paloheim (1974) and Edmondson (1965).

Production rate of the present species was estimated with two different methods. Average daily production rate for *P. trigla* during the investigating period was 10.19 $\mu\text{g/l}$ using Galkovskaya's generation time method and 5.98 $\mu\text{g/l}$ using Edmondson's egg ratio method at station I, and 3.95 $\mu\text{g/l}$ and 3.01 $\mu\text{g/l}$ at station II, respectively.

Key words *Polyarthra trigla*, Production, Biomass